

第五章 燃料输送系统

编写单位 上海发电设备成套设计研究所
华东电力设计院
编写人 宋汉武
邵骐运
主 审 陈振荣

常用符号表

$A_{ar}^{\ominus}$ ——煤的接收基灰分(%)
 C_{ar} ——煤的接收基碳分(%)
 H_{ar} ——煤的接收基氢分(%)
 N_{ar} ——煤的接收基氮分(%)
 O_{ar} ——煤的接收基氧分(%)
 S_{ar} ——煤的接收基硫分(%)
 M_{ar} ——煤的接收基水分(%)
 B ——煤量(t/h)

K_{KM} ——煤的可磨系数
 $Q_{net,v,ar}$ ——煤的接收基低位发热量(kJ/kg)
 t_1 ——灰的变形温度(℃)
 t_2 ——灰的软化温度(℃)
 t_3 ——灰的熔化温度(℃)
 V_{daf} ——煤的干燥无灰基挥发分(%)
 y ——煤的胶质层厚度(mm)
 ρ ——煤的堆积密度(t/m³)

⊖ 按 GB3102.8 的规定,成分 B 的质量分数的符号为 W_B ,但因燃料成分分析的国家标准还没按此修改,故本书暂不改动。

燃料是火力发电厂的粮食。火力发电厂常用的化石燃料又是现今世界上主要的一次能源。因此,合理地利用燃料是各国能源政策的重要课题,也

是火力发电厂的重要任务。本章论述我国火力发电厂的主要燃料,以及在电厂中的燃料输送系统。

第一节 火力发电厂的燃料

一、燃料的分类

可用来发电的燃料种类很多,然而目前火力发电厂主要燃用化石燃料(煤、石油产品、天然气、油页岩),按其存在的形态,这些燃料可分为固体燃料、液体燃料和气体燃料。

(一) 固体燃料

固体燃料主要是煤炭。我国的煤炭资源十分丰富,地质储量达 6000 亿 t。煤炭也是我国目前的主要能源,约占一次能源的 70%。我国的火力发电厂以燃煤为主,发电用煤占全国煤炭总产量的 1/5。

1. 我国火力发电厂用煤的分类

我国现行的煤分类方法是按煤的工业使用进行分类的,即以炼焦用煤为主的工业分类法。这种分类法按煤的可燃基挥发分 $V_{ar}(\%)$ 和胶质层厚度 $y(mm)$,把我国的煤炭分为 10 大类(共 24 小类),即:无烟煤、贫煤、瘦煤、焦煤、肥煤、气煤、弱粘煤、不粘煤、长焰煤和褐煤(表 4-5-1)。

煤的胶质层厚度 y 值是判别煤焦结性的一个指标。煤在受热干馏过程中析出胶质体,其数量和性质对干馏所得的焦炭有很大影响,它决定了焦炭的质量。但是它与电站锅炉中的燃烧关系不大。相反,与炉内燃烧关系甚大的煤的低位发热量在这种分类中却没有得到反映,其他对锅炉热力工况影响较大的灰、水、硫的含量和灰熔融性等也没有区别。为此,还必须制订火力发电厂用煤的分类法。

我国至今还没有统一的火力发电厂用煤分类法。长期来较为广泛采用的是根据煤的碳化程度把电厂用煤分成无烟煤、烟煤、褐煤、贫煤和石煤。电力工业部门曾根据各地煤矿实际开采的煤质资料,

把电厂用煤归纳为 4 种代表性煤种^[1],其分析特性列于表 4-5-2。

表 4-5-1 中国煤分类(以炼焦用煤为主)方案

序号	大类别	小类别	分类指标	
	名称	名称	$V_{daf}(\%)$	$y(mm)$
1	无烟煤		0~10	—
2	贫煤		>10~20	0(粉状)
3	瘦煤	1号瘦煤	>14~20	0(成块)~8
		2号瘦煤	>14~20	>8~12
4	焦煤	瘦焦煤	>14~18	>12~25
		主焦煤	>18~26	>12~25
		焦瘦煤	>20~26	>8~12
		1号肥焦煤	>26~30	>9~14
		2号肥焦煤	>26~30	>14~25
5	肥煤	1号肥煤	>26~37	>25~30
		2号肥煤	>26~37	>30
		1号焦肥煤	≤26	>25~30
		2号焦肥煤	≤26	>30
		气肥煤	>37	>25
6	气煤	1号肥气煤	>30~37	>9~14
		2号肥气煤	>30~37	>14~25
		1号气煤	>37	>5~9
		2号气煤	>37	>9~14
		3号气煤	>37	>14~25
7	弱粘煤	1号弱粘煤	>20~26	0(成块)~8
		2号弱粘煤	>26~37	0(成块)~9
8	不粘煤		>20~37	0(粉状)
9	长焰煤		>37	0~5
10	褐煤		>40	—

表 4-5-2 我国代表性煤种的分析特性

类别	碳 $C_{ar}(\%)$	氢 $H_{ar}(\%)$	氧 $O_{ar}(\%)$	氮 $N_{ar}(\%)$	硫 $S_{ar}(\%)$	灰分 $A_{ar}(\%)$	水分 $M_{ar}(\%)$	可磨指数 K_{LM}	挥发分 $V_{daf}(\%)$	低位发热量 $Q_{net,v,ar}(kJ/kg)$	变形温度 $t_1(^{\circ}C)$	软化温度 $t_2(^{\circ}C)$	熔化温度 $t_3(^{\circ}C)$
1	41.00	2.20	4.50	1.30	1.00	25.00	25.00	1.00	40.00	15084	1100	1200	1300
2	45.84	3.13	5.59	0.85	0.50	34.09	10.00	1.55	31.50	17975	1100		
3	64.25	3.30	3.20	1.00	2.40	24.00	1.85	1.70	18.30	23464	1030	1185	1255
4	71.85	2.86	1.67	1.06	1.17	16.03	5.36	1.40	7.64	26799	1150	1200	1400

原水利电力部电力调度通讯局根据长期运行和管理的经验提出了如下的火力发电厂用煤分类方案。该方案是根据对锅炉热力工况影响较大的煤质指标分析的基础上,把我国火力发电厂用煤分为5大类(10小类)^[2]。5大类是:无烟煤、半烟煤、烟煤、

褐煤和低质煤;10小类是:超低挥发分煤、低挥发分煤、中挥发分煤、高挥发分煤、超高挥发分煤、低发热量煤、超高灰分煤、超高水分煤、高硫煤和易结渣煤。分类指标列于表4-5-3。本章中将按此分类介绍各煤种的特点。

表4-5-3 发电用煤分类草案

大类别	小类别	分 类 指 标					
		可燃基挥发分 V_{daf} (%)	灰分 A_{ar} (%)	接收基水分 M_{ar} (%)	硫分 S_{ar} (%)	接收基低位发热量 $Q_{net,v,ar}$ (kJ/kg)	灰熔融性 t_2 ℃
无烟煤	超低挥发分煤	>6.5~10				>20900	
半烟煤	低挥发分煤	>10~19				>18400	
烟煤	中挥发分煤	>19~27				>16300	
	高挥发分煤	>27~40				>15500	
褐煤	超高挥发分煤	>40				>11700	
低质煤	低发热量煤	≤10				<20900	
		>10~19				<18400	
		>19~27				<16300	
		>27~40				<15500	
		>40				<11700	
	超高灰分煤		>46				
	超高水分煤	>40		>40			
		≤40		$W_{WZ} > 12$			
	高硫煤				>3		
	易结渣煤					>12600	$t_2 < 1350$

2. 火力发电厂用的其他固体燃料

在我国火力发电厂中,除了燃用上述5种煤以外,其他的固体燃料还有油页岩和石煤,以及一些专业工厂中自备电厂燃用的各种固体废料。70年代末沸腾燃烧技术的发展,为燃用油页岩和石煤开辟了新的途径。

(1) 油页岩。又称油母页岩,是一种含油的矿石,含油率为5%~10%,少数可达17%~18%。油页岩外观呈灰白、黄棕至黑灰色,是一种较易燃烧的燃料。我国的油页岩灰分较高,干燥基灰分 A_d 可达60%~85%,发热量一般为2000~6300kJ/kg,可燃基中的挥发分较高,一般在60%以上。

我国华北、东北和中南等地区均蕴藏有油页岩,其中以吉林、辽宁两省为最多。目前油页岩常用于中小型锅炉和沸腾锅炉中。

(2) 石煤。也叫石炭、银炭等,外观象黑色的石块。它的特征是密度大、硬度高、固定碳少、发热量低、燃点高。灰分高达50%~85%,而水分仅为0.5%~3%,发热量一般为4000~8000kJ/kg。挥发分极低,最低达2%,最高(少量)达27%,所以着火极为困难。各地石煤的硫分不一,低到1%以下,高到5%。

我国石煤产地主要是南方各省。近年来随着沸腾燃烧技术的发展,石煤常作为沸腾炉的燃料。

(3) 其他废料。各类专业工厂的自备电厂中,常取用本厂生产过程中的废料作为锅炉燃料,如木材加工厂中的木屑、蔗糖厂中的甘蔗渣等。另外,近30年来世界各大城市中均发展垃圾电厂,城市垃圾也已成为锅炉的燃料。

(二) 液体燃料

火力发电厂用的液体燃料主要是石油产品。我国现行的能源政策规定,火力发电厂以燃煤为主,一般不发展燃油发电厂。只有某些需要频繁起、停的专用调峰机组,国家才批准燃油;或者某些地区有足够的渣油资源,也可建中、小型电厂。

燃料油是以油的粘度、凝固点、闪点、燃点和密度等物理特性进行分类的。我国火力发电厂用的燃料油主要有:重油、柴油和原油。

1. 重油

重油是石油提取汽油、煤油、柴油后在 300℃ 以

上温度下分馏出的产品,其成分以重碳氢化合物为主,呈黑褐色,发热量高达 42000kJ/kg 左右,含灰量少,是火力发电厂中最常用的燃料油。

重油又可分为燃料重油和渣油。

(1) 燃料重油。我国火力发电厂用的燃料重油是由裂化重油、减压重油、常压重油或蜡油等按不同比例调和而成的,不同的炼油厂选用的原料和比例常不相同。国家标准共分为 20、60、100、200、250 等五个牌号。各牌号的质量标准见表 4-5-4。

(2) 渣油。石油炼制过程中排出的残余物,不经

表 4-5-4 重油产品质量标准

项 目	国 家 标 准 牌 号				
	20	60	100	200	250
运动粘度(m ² /s) 不大于	38×10 ⁻⁶	84×10 ⁻⁶	120×10 ⁻⁶	(44~72)10 ⁻⁶	190×10 ⁻⁶
闪点(开口)(℃) 不低于	80	100	120	130	—
凝固点(℃) 不高于	15	20	25	36	45
灰分(%) 不大于	0.3	0.3	0.3	0.3	—
水分(%) 不大于	1.0	1.5	2.0	2.0	—
硫分(%) 不大于	1.0	1.5	2.0	3.0	—
机械杂质(%) 不大于	1.5	2.0	2.5	2.5	—

处理直接供火力发电厂作燃料,俗称渣油。它可以是常压重油、减压重油或裂化重油等,因此国家对渣油没有质量标准。

2. 柴油

柴油分为轻柴油和重柴油两种。

(1) 轻柴油。轻柴油是由石油的各种直馏柴油馏分、催化柴油馏分和混有热裂化柴油馏分等制成,按其凝固点分为 10、0、-10、-20、-35 等 5 个牌号。各牌号的质量标准列于表 4-5-5。

轻柴油通常用作高速(大于 1000r/min)柴油机

表 4-5-5 轻柴油的主要质量指标

质 量 指 标	10 号	0 号	-10 号	-20 号	-35 号
十六烷值 不小于	50	50	50	45	43
馏程: 50% 馏出温度(℃) 不高于	300	300	300	300	300
90% 馏出温度(℃) 不高于	355	355	350	350	
95% 馏出温度(℃) 不高于	365	365			350
运动粘度(m ² /s)	(3~8)×10 ⁻⁶	(3~8)×10 ⁻⁶	(3~8)×10 ⁻⁶	(2.5~8)×10 ⁻⁶	(2.5~7)×10 ⁻⁶
10% 剩余物残炭(%) 不大于	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
灰分(%) 不大于	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
含硫量(%) 不大于	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
机械杂质	无	无	无	无	无
水分 不大于	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	无
闪点(闭式)(℃) 不低于	60	60	60	60	50
腐蚀(铜片, 50℃, 3h)	合格	合格	合格	合格	合格
酸度(mg(KOH)/ml) 不大于	10	10	10	10	10
凝固点(℃) 不高于	+10	0	-10	-20	-35
水溶性酸或碱	无	无	无	无	无
实际胶质(mg/100ml) 不大于	70	70	70	70	70

的燃料。火力发电厂中轻柴油用来锅炉点火。某些承担电网尖峰负荷的燃气轮机和柴油发电机也以柴油作为燃料。

(2) 重柴油。重柴油常作为低速(小于600r/min)和中速(600~1000r/min)柴油机的燃料,仅在少数火力发电厂中有时也作为锅炉燃料。

重柴油按质量分为10、20和30等3种牌号,其质量标准列于表4-5-6。

3. 原油

原油就是从油井开采出来未经加工炼制的石油,其含水量较高,需进行脱水处理。由于原油中含有各种低沸点的轻质馏分,原油的闪点和燃点均远比重油低,粘度和密度也较小。

原油的特性是随不同产地油井和不同时期而不同,我国各油田生产的原油特性列于表4-5-7。

表 4-5-6 重柴油产品质量标准

项 目	GB445—77		
	10 号	20 号	30 号
运动粘度(m ² /s)不大于	13.5×10 ⁻⁶	20.5×10 ⁻⁶	36.2×10 ⁻⁶
灰分(%) 不大于	0.04	0.06	0.08
残炭(%) 不大于	0.5	0.5	1.5
含硫量(%) 不大于	0.5	0.5	1.5
水分(%) 不大于	0.5	1.0	1.5
闪点(闭口)(℃) 不低于	65	65	65
凝固点(℃) 不高于	10	20	30
水溶性酸或碱无	无	无	—
机械杂质(%) 不大于	0.1	0.1	0.5

表 4-5-7 几种原油的特性

油 种	密 度 (g/cm ³)	运 动 粘 度 (m ² /s)	凝 固 点 (℃)	闪 点 (℃)	硫 分 (%)	水 分 (%)	灰 分 (%)
大庆原油	0.85~0.86	(22.99~27.66)×10 ⁻⁶	23~25	28~38(开) 8~18(闭)	0.11~0.17	0~6	0.007~0.013
松辽原油	0.85	8.43×10 ⁻⁶	23~29	34(开)	0.024	1.4	0.03
玉门原油	0.87	15.33×10 ⁻⁶	8		0.11~0.18	6.5	
克拉玛依原油	0.87	18.46×10 ⁻⁶	~50	36(开)~18(闭)	0.04		0.005
胜利原油	0.91	(33.77~52.5)×10 ⁻⁶	15~25	30~40(开)	0.9~1.1	0.7~1.75	0.03~0.09
任丘原油	0.90	65.46×10 ⁻⁶	36~40	68~76(开)	0.25~0.31	0.2~0.25	
大港原油	0.89	19.987×10 ⁻⁶	20	30(开)			

原油直接用作火力发电厂的燃料是不合理的,因为有大量的轻质馏分未能得到利用。目前,我国由于一段时期中火力发电厂燃料的产、运、销不平衡,少数电厂燃用原油。随着石化工业的发展,以原油作为火力发电厂燃料的情况将逐渐改变。

(三) 气体燃料

气体燃料有天然气、人工煤气和地下气化煤气。气体燃料的特点是点火容易、调节方便、易与空气完善混合,可达到完全燃烧。

气体燃料由于其产地各异,生成的工艺过程不同,使其特性(成分、发热量等)有很大差别。我国主要气体燃料的特性列于表4-5-8。

表 4-5-8 我国部分煤气的特性

煤气种类	煤气平均成分(体积分数)(%)										发热量(kJ/m³)		
	CH ₄	C _m H _{n+2}				H ₂	CO	CO ₂	H ₂ S	N ₂	O ₂	高 位 发热量	低 位 发热量
		C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	其他								
气田煤气	97.42	0.94	0.16	0.03	0.06	0.08		0.52	0.03	0.76		39650	35590
油田煤气	83.18		3.25	2.19	6.74			0.83		3.84		44380	38300
液化石油气		50	50									113040	104670
焦炉煤气	21.5					59	6	3		7.5	0.5	18420	18000
发生炉煤气	1.8				0.4	8.4	30.4	2.2		56.4	0.2	5950	5650
高炉煤气						2	27	11		60		3730	3680

大多数气体燃料具有毒性和爆炸性,因此在装运、贮存和使用时必须设置严格的安全措施。

1. 天然气

又称天然气,是在地层中天然形成的一种可燃气体,也是当今火力发电厂中的主要燃料之一。其成份主要是甲烷(CH_4),同时含有少量的烷属重碳氢化合物(C_mH_{n+2}),及惰性气体(CO_2 、 N_2 等)、水蒸气和矿物质。

60年代开始出现了液化天然气(LNG),这是将天然气先进行去固体物质、脱硫、脱 CO_2 和脱水等处理,然后在一定压力下低温液化,成为液化天然气。使用时再进行预热和气化。液化后的容积仅为原先气体容积的1/580,这就为贮运提供了方便,为火力发电厂燃用天然气创造了条件。

天然气根据其来源不同可分为气田煤气、油田煤气、煤田煤气和水溶性煤气。后3种煤气都具有伴生性质,是与油田、煤田伴生而存在,是该地带背斜构造所形成的煤气。目前在发电厂燃用的主要是气田和油田煤气。

(1) 气田煤气。从地下气层中直接引出的,也称为气层煤气。气田煤气的甲烷含量(体积分数,下同)很高,一般可达90%~98%;乙烷和其他重碳氢化合物约为2%~3%; CO_2 、 N_2 、 H_2S 等含量很少;有些气田煤气含硫量较高,必要时需进行脱硫处理,以防止锅炉受热面的腐蚀。气田煤气的密度为0.5~0.7 kg/m^3 ,从地下引出时具有较高压力,便于管道直接输送。

(2) 油田煤气。开采石油时带出来的可燃气体,也称石油伴生气。这类煤气的甲烷含量(体积分数)较低,一般为75%~87%;乙烷、丙烷等重碳氢化合物含量(体积分数)约占10%以上; CO_2 含量(体积分数)可达5%~10%;而氮和硫的含量很低;其密度为0.6~0.8 kg/m^3 。油田煤气的压力较低,可用加压使其液化,以便于贮运。

2. 人工煤气

煤和石油的某些加工过程中产生的可燃气体。通常有焦炉煤气、高炉煤气、液化石油气和发生炉煤气等。发电厂燃用的主要是焦炉煤气和高炉煤气。这类火力发电厂总是与钢铁联合企业相毗邻。

(1) 焦炉煤气。煤在炼焦过程中的副产品。煤在炼焦炉内发生复杂的物理、化学变化,在不同温度阶段产生 CO_2 、 H_2 、 CH_4 、 N_2 、焦油和其他碳氢化合物,这些气体的总和即为焦炉煤气。

焦炉煤气无色、有味;密度为0.45~0.65 kg/m^3 ;着火点为550~650℃;爆炸范围(体积分数)为5.6%~30.4%;毒性较低;低位发热量为18000 kJ/m^3 左右。

(2) 高炉煤气。高炉炼铁过程中的副产品。高炉内炼铁原料和燃料发生强烈的化学变化,并产生 CO 、 H_2 、 CH_4 、 N_2 和水蒸气。这些气体上升到炉顶,即为高炉煤气,其中 CO 为主要的可燃气体。

高炉煤气无色、无味;密度为1.278~1.3 kg/m^3 ;着火点约700℃;爆炸范围(体积分数)为46%~68%;毒性极强;含灰量不大于10 mg/m^3 ;低位发热量仅有3560~4000 kJ/m^3 。

3. 地下气化煤气

煤在地下氧化生成的煤气。这是开发燃料资源的新途径,尤其对开采价值不大的薄煤层更为合适。

煤在地下气化的基本方法是:从地面向下修建两条倾斜巷道,通到待气化的煤层,并在一定深度处把两条巷道相连。该连接通道称为火巷。由地面将含有工业氧气的空气沿一条倾斜巷送入,使煤在火巷中氧化,生成煤气,再由另一条巷道引出。

地下气化煤气的发热量较低,低位发热量仅为3350~4200 kJ/m^3 ,可作为火力发电厂的燃料。

二、燃料选择原则

火力发电厂的燃料选择原则是由国家在一定时期内的能源政策而决定的。根据我国现时的能源政策,在选择火力发电厂用的燃料时,应考虑下列几点原则:

(一) 以煤为主的原则

我国煤炭资源十分丰富,而石油和天然气目前的生产能力有限,又是贵重的化工原料,作为燃料使用经济效益太低。因此,我国能源政策规定,“火电要立足于煤,不再建设烧油的电站。原设计烧煤而后来改为烧油的电站,要一律改回烧煤。”只有在渣油资源确保的条件下,才可建造中小型燃油电厂。另外,对于一些调峰机组,为保证低负荷时稳定燃烧,也可掺烧一部分油。

(二) 燃料综合利用原则

燃料种类繁多,不同类型的燃料具有不同的用途。为了发挥各种燃料的最大经济效能,对燃料要进行综合利用。石油、优质煤应首先满足化工、冶金等工业的需要,火力发电厂应尽量利用劣质燃料,如褐煤、洗中煤、矸石、油页岩和渣油等,也可利用其他工矿企业燃料的副产品。

(三) 燃料供应稳定性原则

火力发电厂是燃料消耗大户,因此在建厂时必须考虑足够的燃料来源。为了使锅炉达到最佳的燃烧效率,也要求有稳定的燃料供应。为此,凡是定点供应的煤矿,其开采量至少能保证供应电厂100年以上的用煤量。对于单个煤矿不能独立供应的情况,也要求煤质较为接近的几个煤矿能长期稳定地提供燃煤。

(四) 矿口、港口、路口建厂原则

燃煤火力发电厂的用煤量大,应配合煤炭的开发,在矿口建造大型骨干火电厂,以减少煤炭的运

输。同时,为了满足电网和大城市安全供电的需要,在负荷集中点附近也要有大型火力发电厂,这就要求建在港口、铁路口等交通方便的地方,以利于燃料的运输。

(五) 最佳经济性原则

这是选择燃料的最主要原则。它不仅应考虑燃料价格、供应情况、运输条件等因素,还应考虑由于缺电对国民经济造成的损失等因素。在有多种燃料和多处厂址可供选择时,必须对燃料、运煤和输电等因素进行可行性分析和经济比较,选择最合理、最经济的燃料供应系统。

第二节 固体燃料的输送系统

一、输煤系统的设计原则

电厂用的固体燃料一般是指煤炭而言。通常根据电厂燃料消耗量、来煤的厂外运输条件、卸煤的时间要求等因素,来考虑电厂内部输煤系统的设计。

(一) 设计总则

在输煤系统设计中首先要计算输煤系统的出力,除了锅炉的耗煤量外,还应考虑厂外运输的不均衡系数等因素;其次要考虑系统的范围和要求,一般是将电厂卸煤装置作为系统的起端,通过各种设备,把厂外输送来的煤炭,运输到电厂主厂房的原煤仓内,并把煤炭输送到储煤场。如果来煤煤种不同,则要根据锅炉燃烧及制粉系统的要求,决定是否需要把两种及多种煤种进行混合。由于煤中混有木块、铁块等杂质,为了保护皮带输送机及其他设备,需要装设磁铁分离器、木块分离器等设施。为了经济核算,需要有各种计量设备。由于来煤颗粒较大,故一般设有碎煤设备。在输送、堆放过程中,煤尘容易飞扬,为了保护环境,需要有通风、除尘、水冲洗等设施。为了便于输煤系统的运行管理和调度,应设有输煤系统集中控制。根据电厂所在地的气温、雨量,还设有取暖和干燥棚等设施。另外,由于各电厂的客观条件差异,对输煤系统设计除了一般要求以外,还可有各种不同的具体要求。下面着重说明煤量计算及来煤不均衡系数。

1. 电厂耗煤量(B)计算

按照锅炉制造厂提供的每台锅炉小时耗煤量 B_{b1} 、 B_{b2} 、 B_{b3} 、...来计算电厂的总耗煤量 B_h ,即 $B_h = B_{b1} + B_{b2} + B_{b3} + \dots$ (t/h)。按照每日、每月、每年运行小时数,计算出日、月、年耗煤量,即 B_d 、 B_m 、

B_y 。日耗煤量 $B_d = (20 \sim 22) B_h$;年耗煤量 $B_y = N B_h$ 。 N 为电厂设计任务书规定的年运行小时数,一般为6000~7000h。

2. 运输不均衡系数(K_b)

由于厂外运输条件的种种原因,铁路、水路运输时往来煤不均匀,故电厂内部输煤系统设计时需要考虑这些不利情况,即来煤过多情况,并以来煤运输不均衡系数 K_b 表示。

运煤系统的日计算受煤量 M_d 按式(4-5-1)计算

$$M_d = K_b B_y / D \quad (\text{t/d}) \quad (4-5-1)$$

式中 K_b ——运输不均衡系数,一般为1.2~1.5;

D ——全年计划来煤天数。

在正常条件下,电厂采用的螺旋卸车机、斗链卸车机、装卸桥、桥式抓煤机,在人工适当辅助下,各设备的综合卸煤出力见表4-5-9。

表 4-5-9 卸煤机械综合卸煤出力

序号	设备名称	综合卸煤出力(t/h)	备 注
1	螺旋卸车机	300~400	
2	斗链卸车机	200~300	
3	装卸桥,跨度40m	250~300	抓斗容积2.5m ³
4	桥式抓煤机	200~250	抓斗容积2.5m ³

(二) 厂外运输

供给电厂燃煤的厂外运输大致可分为5类,即为铁路、水路、汽车、长距离皮带、管道。国内电厂常用的是铁路和水路两种运输。

1. 铁路运输

由煤矿通过国家铁路主干线或煤矿专用线,用火车把煤炭运到电厂厂区内的卸煤装置处。火车车皮主要有普通敞车和底开门车2大类。根据铁路情况及机车牵引力,决定每列车皮组成数量。如果定点供应的煤矿与电厂距离较近,经过技术经济比较,可以选用特殊结构的底开门车型。电厂自备铁路车辆时,车辆型式和数量、列车编组、装车条件、厂内铁路线数量和长度、列车周转时间、运营管理等,均应与有关铁路局、矿务局协商确定。依靠铁路用车辆运煤的电厂,车型及列车编组应以铁路局的资料为依据,进厂运煤列车的长度和载重量、厂内线路设置、运营组织、在厂内作业方式及允许停留时间等,均应按设计规程与铁路局协商确定。

2. 水路运输

由煤矿或港口用船舶把煤运输到电厂,称为水路运输,可分为海洋运输和内河运输两大类。也有通过海轮经过沿海然后进入江河,称为海江联运。由于水运对航道深浅、宽窄有一定要求,故海轮、江轮的吃水深度有不同类型。从运输方式区别,有自航式和拖轮拖带驳船方式两类。从船仓中卸煤到码头的卸煤方式,可分为自卸式和靠码头机械卸煤两类。在沿海、沿江的大容量电厂,一般由海轮或江轮运输,用电厂码头上的卸煤机械把船仓内的煤卸到码头皮带机上。

3. 汽车运输

在我国汽车运输用于小容量电厂。一般电厂与煤矿(煤源)较近,或者没有铁路,则可用大型的翻斗汽车运煤到电厂煤场;汽车数量需视电厂容量及运输远近而定。

4. 长距离皮带输送

当煤矿(煤源)距离电厂较近时,经过技术经济比较后,可以选用长距离皮带输送机运煤,皮带机沿地面敷设,按电厂规划容量进行设计,输送系统为单路,每天按两班运行考虑。

5. 管道输煤

原煤通过筛选破碎,并经过棒磨机磨细后成为高浓度煤浆,用高扬程的泵,打入输煤浆管道,煤浆输送到电厂后,需先进行脱水和干燥。

(三) 卸煤装置

根据不同的厂外运输条件、卸煤时间要求、电厂耗煤量等因素来设计电厂内的卸煤装置。目前我国的卸煤装置主要有陆运卸煤和水运卸煤两大类。在陆运卸煤中尤以铁路来煤进行卸煤为最常见的卸煤

方式。按电厂日耗煤量来确定一次进电厂的火车车辆数量,一般为:日耗煤量在2000t以下的发电厂为 $\frac{1}{3}$ 列车,日耗煤量在2000~4000t的发电厂为 $\frac{1}{2}$ 列车,日耗煤量在4000t以上的发电厂为整列车。卸煤机械的出力应根据电厂耗煤量和来车条件确定。通常从车辆进厂就位到卸煤完毕的时间可按不超过4h考虑,严寒地区卸车时间可适当延长。电厂内应按卸煤要求设置重车线、空车线、机车行走线,必要时可设置“禁翻”车辆卸车线、轨道衡线、解冻线等。线路及其设施的布置要紧凑精简,要合理利用地形,减少机车和车辆的无效行程。条件适宜时,宜按重车线——卸车装置——空车线贯通式布置。列车分车组卸煤时,栈台或受煤槽有效长度应比车组长度大6~7m,以便相邻车组可以错位卸煤。在确定卸煤机械轨道长度时,如同一轨道上有2台以上卸煤机,则应考虑其中1台处于检修时所占用的轨道长度。严寒地区的大型发电厂,当铁路来煤冻结严重而难以卸车时,应有解冻设施。

1. 卸煤栈台

卸煤栈台的尺寸要求一般为:轨道面至两侧地坪的高度为1.8~2.5m。顶部宽度为2.0~2.4m。栈台侧壁与地坪夹角宜为90°。栈台两侧敷设宽度各为4~5m的混凝土地面。当栈台两侧设地槽时,地槽底宽度应大于抓斗宽度1.5m。露天卸煤栈台两侧应设有供人员和推煤机跨越的通道。

2. 翻车机卸煤装置

当耗煤量在250t/h及以上或电厂容量在400MW及以上时,可考虑翻车机卸煤,当燃用大块煤,耗煤量在200t/h及以上时,也可用翻车机卸煤。当耗煤量在350~800t/h或发电厂容量在600MW时,宜装置2台翻车机。按发电厂规划容量只设1台翻车机时,应有备用卸煤设施。当来煤装在不能翻卸的异形车辆时,应设有“禁翻”车辆卸车线,及备用卸煤设施。

翻车机的额定出力应根据电厂规模、翻车机及调车系统工作周期和车辆平均载重量等因素核定。目前卸杂编列车的单车翻车机的额定出力宜按1000~1200t/h考虑。每台翻车机下一般设2个煤斗,总容量约为120t。煤斗上应设有金属煤篦。煤斗壁对水平面倾斜角应大于60°,角壁要光滑、耐磨,棱角应当抹圆。必要时也可衬耐磨材料。如果来煤容易粘结,最好采用钢煤斗,内衬耐磨、耐蚀衬板,必

要时可装蒸汽或电热装置及振动器。煤斗下的给煤机,最大出力宜为翻车机额定出力的1.2倍,并可以调节。翻车机室的主要尺寸列于表4-5-10。

表 4-5-10 翻车机室的主要尺寸

翻 车 机		翻车机长度×跨度 (m)	线间距 (m)	桥吊跨度 (m)	吊车轨面离铁路轨面 (m)
侧倾式 1 台		30×15		13.5	11.5
KFS-1 型并列 2 台		30×30	20~21	28.5 或 2×13.5	12.5
转式	1 台	24×15		13.5	8~8.5
	并列 2 台	24×24	10.5~11	22.5	9.4

在采暖室外计算温度 -10°C 以上地区,翻车机室可采取半露天式;在采暖室外计算温度 -10°C 及以下地区,翻车机室应采用封闭式。

翻车机室一般设15/3t电动桥式起重机,在其底层应有电动单轨行车和电动葫芦。翻车机室应有湿式抑尘装置和其他除尘设备,地下部分应有通风除尘措施。翻车机室各层均应有水冲洗设施及排水沟。翻车机控制室一般布置在车辆入口端。

3. 缝式煤槽

螺旋卸车机和缝式煤槽的卸煤装置宜用于容量不超过600MW或耗煤量不大于350t/h的发电厂。当采用单线缝式煤槽时,煤槽的有效长度宜为10节车辆长度,最长不应大于进厂列车长度的 $\frac{1}{2}$ 。当采用双线缝式煤槽时,每线煤槽长度不宜大于10节车辆的长度,最长不应大于一次进厂列车长度的 $\frac{1}{4}$ 。缝式煤槽型式和长度应与卸煤和输出设备的能力统一考虑,使进厂列车能与与铁路部门商定的卸车时间内把煤卸完。自卸式底开车卸煤装置的长度应根据卸煤装置的形式、卸煤方式、系统的缓冲容量和调车方式等条件确定。当条件适合时,可按短卸煤沟设计,其输出能力应与卸车能力相匹配。

单铁路线煤槽上口宽度一般为6.5m,煤槽上部建筑跨度为9m;双铁路线煤槽上口宽度一般为13m,煤槽上部建筑跨度为15m,铁路线间距为6.2~6.5m。煤槽上部建筑柱距为6m,有可能用推煤机往煤槽内推煤时,宜为7m。煤槽上部建筑一般采用半露天结构,必要时可加设雨披或矮墙。在采暖室外计算温度低于 -10°C 地区可采用封闭式结构。煤槽槽壁对水平面的倾角一般不小于 60° ,内壁应光滑、耐磨。煤槽上部应设走道,宽度约为0.8~1.2m。煤槽上口应设可拆卸的篦子。

用普通敞车运煤的电厂,煤槽上方应设螺旋卸煤机。用底开门车运煤的电厂,必要时可在煤槽上方预留装设螺旋卸煤机的条件。用于单铁路线煤槽的桥式螺旋卸煤机轨距一般为8m,用于双铁路线煤槽的桥式螺旋卸煤机轨距一般为13.5m。为了检修煤槽下部的叶轮给煤机和煤槽上方的螺旋卸煤机,煤槽两端应设置螺旋卸煤机的检修跨,布置起吊设备和起吊孔。起吊孔应用钢板封闭。检修跨可适当加高,供检修螺旋卸煤机和吊装叶轮给煤机之用。

煤槽下设置叶轮给煤机,其型式、出力、台数应根据煤槽型式、长度和带式输送机出力等因素来选定。一般每路带式输送机宜配2台桥式叶轮给煤机,每台叶轮给煤机最大出力为带式输送机额定出力的1.2倍。煤槽下带式输送机的主要运行通道净宽不小于1500mm,桥修通道净宽不小于800mm,2台叶轮给煤机处于并列位置时,最小净空距离不小于600mm。煤槽下部应有良好的通风条件及排水设施,叶轮给煤机宜带除尘装置。

4. 水运卸煤

根据航道、运煤船舶、电厂耗煤量、泊位年营运天数等因素来决定水运码头长度及卸船设备。

水运码头泊位的每年通过能力与设计选用船型和其他因素有关,一般可按式(4-5-2)计算。

$$P_t = \frac{T_y}{\frac{t_2}{24 - \sum t} + \frac{t_1}{24}} \times \frac{G}{K_B} \quad (\text{t}) \quad (4-5-2)$$

式中 P_t ——一个泊位的年通过能力(t);

T_y ——泊位年运营天数(为全年365天减去因水文气象、航道疏浚、码头和设备修理等因素而不能停泊船舶卸煤的天数);

t_2 ——卸完一艘船所需时间(h), $t_2 = \frac{G}{P}$ (h);

其中 P 为设计船舶时效率,按运输量、船舶性能、设备能力、作业线数和运行管理等因素综合考虑;

$\sum t$ ——平均每昼夜非生产时间之和(h),包括工间休息、用膳及交接班时间,根据各河、港实际情况而定,一般取 3~6h;

t_t ——船舶的辅助作业、技术作业时间及船舶靠泊间隔时间之和(h),当无统计资料时,部分单项作业时间可按表 4-5-11 选取;

G ——船舶装载量 (t);

K_B ——来煤不均衡系数,见表 4-5-12。

表 4-5-11 部分单次作业时间表

项 目	靠 泊	离 泊	开工准备	结 束	公 估	联检
时间(h)	0.5~1.0	0.5~0.75	0.75~1.0	0.75~1.0	1.5~2.0	1.0~2.0

注: 1. 船舶靠泊间隔时间同航道、锚地、泊位前水域及港作方式等条件有关,一般取 1~2h。

2. 表列“公估”为重载船舶靠泊时,进行煤炭的计量等作业时间。

表 4-5-12 来煤不均衡系数

年来煤量 (kt)	<1000	1000~2000	2000~3000	>3000
K_B	1.50~1.45	1.45~1.35	1.35~1.30	1.30~1.20

水运码头泊位长度 L_b ,应满足船舶安全靠离作业、系缆和设备检修位置等要求,对于有掩护的河、港码头,以及开敞式码头(即无掩护的码头),其每个泊位长度有不同的计算公式。

对于有掩护的河港码头,其每个泊位长度可按下式计算:

$$L_b = L + 2d \quad (\text{m})$$

式中 L ——设计船长(m);

d ——富裕长度(m),见表 4-5-13。

表 4-5-13 富裕长度值

$L(\text{m})$	<40	41~85	86~150	151~200	201~230	>230
$d(\text{m})$	5	8~10	12~15	18~20	22~25	30

在同一码头线上布置多个泊位时,其泊位长度应分别按下式计算:

$$\text{端部泊位 } L_b = L + 1.5d \quad (\text{m})$$

$$\text{中间泊位 } L_b = L + d \quad (\text{m})$$

泊位长度在满足平面布置条件下,可采用船艏系缆墩及引桥连接方式,此时泊位长度由系缆墩外侧边缘计算。

对于开敞式码头,其泊位长度按下式确定。

$$L_b = (1.4 \sim 1.5)L \quad (\text{m})$$

卸船设备的台数和出力与航道部门提出的卸船时间有关。全厂装设卸船设备不宜少于 2 台。其卸船

设备总出力不应小于电厂耗煤量的 300%,当其中一台卸船设备检修时,其余设备出力不应小于全厂耗煤量的 150%。

卸船设备的选择应满足船型、水位等方面的要求。例如抓斗卸船机的抓斗张开时的最大尺寸必须小于船舶舱口尺寸,以提高卸船设备效率;卸船机械应能卸取船舶或驳船最外侧的煤块,以减少清仓工作量;并能在最低水位和最高水位时均能卸煤。尽可能选用同一型式的卸船设备,以便于运行、检修及减少备品备件。对于万吨级船舶应有清仓机械,一船选用 4 台,其中 3 台运行、1 台备用。码头引桥设计,应有检修车辆通道。

根据电厂耗煤量、运输距离、装煤及卸煤情况、码头泊位条件等,经过技术经济比较,确定是否选用自卸船及其数量。当采用自卸船时,其向岸上投料的输送机出力必须与运煤系统出力相配合,并与运煤系统联锁。

5. 公路运输受煤站

发电厂用公路汽车运输煤炭时,受煤站全年来煤天数应根据当地气象条件、公路交通条件和煤矿工作制度等诸因素来考虑。当电厂自备运煤车辆时,汽车选型应结合公路交通条件,经技术经济比较确定。受煤站的来煤不均衡系数可取 1.2,一般按每天两班运行。受煤站布置宜使重车和空车分流。入站口和出站口的位置除考虑重车和空车顺流外,还应便于同路网连接。重车、空车出入口处均需装设汽车衡,汽车衡的规格、数量应根据车型确定。出入口处至少各有 1 台备用汽车衡。

当发电厂以公路运输为唯一来煤方式时,其储煤量除满足火力发电厂设计规程的规定外,还应大

于公路运输可能的最大连续中断天数。

(四) 贮煤场及其设备

按照厂外运输方式、运距、来煤情况、煤种、发电厂在电网中的作用、耗煤量大小、锅炉制粉系统对煤质要求、厂区布置、气象条件等诸因素来进行贮煤场、干燥棚、混煤设施等的设计。由于远距离来煤不均衡性较大,在确定大型电厂贮煤场的设计容量时,除对一般情况要注意经济合理外,在必要时可以适当扩大容量,使贮煤场的最大容量达到或超过 $30d^{\oplus}$ 的耗煤量。贮煤场的设计容量宜按下列原则确定:

(1) 经过国家铁路干线来煤的发电厂,贮煤场的容量按全厂 15d 的耗煤量考虑。300MW 及以上机组或 200MW 及以上的供热机组,贮煤场的容量按 20d 耗煤量考虑。在水电比重较大的电网中,贮煤场容量按 15~20d 耗煤量考虑。在地形复杂,建厂条件困难的地区,可按特殊情况取 10~15d。严寒季节供暖,对供煤紧张的地区取 15~25d 耗煤量(燃本地区煤、供煤条件好的取较小值)。

在无防止自燃的有效措施下,褐煤贮煤场容量不宜大于 10d,最大不超过 15d 耗煤量。

(2) 不经国家铁路干线或采用单路长皮带来煤的电厂,贮煤场容量按全厂 5~10d 耗煤量考虑。对于煤电联营的矿口电厂,经过专题论证,在确保向电厂供煤、使电厂能稳发满发条件下,可以不设贮煤场。

(3) 水路来煤的电厂,根据水运可能受阻的时间,确定贮煤场容量,一般按全厂 15~20d 耗煤量来考虑,大机组按 20d 考虑。水陆联运、海运为主、交通紧张的地区,可按 25d 耗煤量设计。

(4) 贮煤场宜分常用煤堆和贮备煤堆,常用煤堆取 7~10d 耗煤量,贮备煤堆应压实和做好计划翻烧。

(5) 多雨地区发电厂应根据煤种、制粉系统、煤场设备型式等条件,确定是否需要干燥棚。当需要设置干燥棚时,其容量按 3~4d 耗煤量来考虑。计算煤场总容量时,应包括干燥棚的贮煤量。

(6) 电网内必要时可选少数有条件的电厂扩大其贮煤能力,来调节本地区的来煤。

贮煤场容量按照平整后的几何形状计算:堆煤高度应根据煤场机械设备和场地条件确定,煤场边坡倾角取 45° ,煤堆积系数取 0.7,一般煤的堆积密

度取 $1t/m^3$,褐煤取 $0.9t/m^3$ 。

煤场地面必须经过适当处理,并考虑排水。煤场应有淋水装置等防尘措施,四周应有通道。

煤场机械设备的出力和台数的选择原则为:煤场设备一般不设备用;堆煤能力应与卸煤装置的输出能力相一致,取煤能力与进锅炉房的上煤系统出力相一致;当采用 1 台堆取料机作为大型煤场设备时,应有备用设备,其出力不小于全厂总耗煤量;对于大型电厂,在系统设计中应考虑缓冲设施;作为卸煤、取煤等多种用途的门式(装卸桥)或桥式抓煤机,其额定出力应不小于全厂总耗煤量的 250%,不设备用;只有当 1 台抓煤机时,应有备用的取煤机械,例如推煤机等设备。

如需要混煤时,可采用按煤种建立若干个钢筋混凝土圆筒仓,用带式输送机把不同煤种分别装于各筒仓内,筒仓下设给煤机,按不同配比把煤输到带式输送机上进行混煤;也可采用煤场机械,从不同煤种分堆贮存的贮煤场上取煤,通过煤斗、带式输送机等进行混煤。

干燥棚内的机械与露天煤场内的机械相同,桥式抓煤机、堆取料机、滚轮机等均置于大跨度的拱形煤棚内,推煤机也可作为干燥棚的机械使用。干燥棚一般设在贮煤场的固定端,通过皮带机将煤送入或输出。

(五) 带式输送机

进入锅炉房的上煤胶带应设计为双路带式输送机系统,并可同时运行。每路带式输送机的出力应不小于全厂锅炉最大连续蒸发量时总耗煤量的 135%,一般取 150%左右。运煤带式输送机向上输煤时,斜升倾角宜用 16° ,不应大于 18° ,向下运输时宜不大于 12° 。根据气象条件,运煤带式输送机的栈桥可采用封闭式、半封闭式或露天式。

带式输送机的额定输煤量为

$$B = Kb^2v\rho \quad (t/h) \quad (4-5-3)$$

式中 K ——断面系数,见表 4-5-14;

b ——胶带宽度(m);

v ——胶带速度(m/s),按表 4-5-15 选取;

ρ ——煤的堆积密度(t/m^3)。

在下列几种情况之一时,带式输送机可采用双滚筒驱动:

(1) 较长的水平布置、可逆转的带式输送机;

$\oplus$ d 是时间天的国际符号,下同。

表 4-5-14 胶带的断面系数

胶带宽度 $b(\text{mm})$	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
断面系数 K	320	345	360	375	385	410	420	425	430

表 4-5-15 胶带最大速度

胶带宽度 $b(\text{mm})$		500、650	800	1000、1200	1400、2000
胶带速度 $v(\text{m/s})$	端部卸煤	1.6	2.0	2.5	2.5~3.15
	中部卸煤	1.6	2.0	2.0~2.5	2.0~2.5

(2) 计算的驱动系数超出单滚筒驱动所能满足的范围;

(3) 驱动功率超过 280kW;

(4) 需要降低皮带最大张力时。

带式输送机一般用笼型电动机驱动。容量 160kW 及以下时,采用 380V 的 Y 型电动机,容量大于 160kW 时,可根据厂用电压等级,采用 6kV 或 3kV 的 Y 型或 JS 型电动机。

根据煤种、工作环境温度、运行时张力计算等因素来选用带式输送机的胶带。一般采用织物芯胶带,胶带的芯体材料和层数应根据稳定运行时的最大张力计算确定。层数宜为 4~8 层。计算时以制造厂提供的胶带技术数据为准。当输送长度超过 300m,每厘米带宽工作张力达到 1.4kN 以上时,可采用钢绳芯胶带。工作环境温度低于 -5℃ 时不宜采用维尼纶布芯胶带。工作环境温度低于 -15℃ 时,宜用耐寒胶带;工作环境温度低于 -20℃ 采用钢芯胶带时,应向制造厂提出胶带的耐寒要求。

胶带覆盖胶的厚度与胶带种类、长度、给料条件、带速等有关。织物芯胶带使用在原煤系统时,胶带上部覆盖胶厚度为 4.5~6.0mm,胶带下部覆盖胶厚度为 3.0mm;用在碎煤机以后的输煤系统时,胶带上部覆盖胶厚度为 3.0~4.5mm,胶带下部覆盖胶厚度为 1.5~3.0mm;钢绳芯胶带的上、下部覆盖胶厚度均为 6.0~8.0mm。长度较短、给料条件较差、带速高、或装有犁式卸料器的输送带,应采用较大的厚度。

(六) 筛分破碎设备

运煤系统中的筛分、破碎设备一般采用单级。当系统中设初碎机时,破碎后的煤粒度小于 200mm。当系统中设置筛分及最终破碎用的碎煤机时,筛分后的煤粒大小应适合磨煤机的需要,一般不大于 30mm。

1. 碎煤机的选型及出力选择原则

(1) 选型。当煤质坚硬或不易控制时,宜选用重型环式碎煤机或反击式碎煤机。当煤质粘结性强,容易堵塞筛孔时,宜选用锤式碎煤机。在满足工艺要求下,优先选用鼓风量较小、噪声较低的碎煤机,以适应环境保护的要求。

(2) 出力。碎煤机出力的确定与其前面是否装设筛分设备有关。

当碎煤机前既无筛子又无出力可调的给煤机时,碎煤机的额定出力宜为运煤系统额定出力的 1.1~1.2 倍。

当碎煤机前虽无筛子但有可调的给煤机时,碎煤机的额定出力宜等于运煤系统的额定出力。

当碎煤机前有筛子时,碎煤机的额定出力应根据煤颗粒组成、筛孔尺寸、筛分效率和运煤系统额定出力诸因素确定。当装有固定筛时,碎煤机额定出力不低于运煤系统额定出力的 0.7~0.8;当装有振动筛时,碎煤机的额定出力不低于运煤系统额定出力的 0.6~0.7。在确有把握情况下,也可低于上述数值。

2. 煤筛

煤筛有固定筛、振动筛等几种。应根据煤的颗粒组成、水分、筛机特性、筛孔尺寸等因素来确定煤筛的额定出力。振动筛的筛分效率取 0.7,固定筛的筛分效率取 0.3~0.5。固定筛的筛孔宽度一般取限定的筛下物最大粒度的 1.2~1.3 倍。应采取适当措施,避免煤流以较大落差垂直冲击筛网。煤筛上部防尘罩应设置足够大的检查门,在两侧应根据布置情况考虑设操作平台。

(七) 控制方式

新建的大型火力发电厂的运煤系统应采用集中控制,有条件时可采用程序控制。运煤系统中各设备之间应有自动联锁和信号装置,并装设必要的调度

通信设备。

1. 控制要求

运煤系统一般在一个集中控制室内进行集中调度和监控。但对于翻车机自动线,宜按制造厂的成套设计自成独立的控制系统,在翻车机司机室内进行监控。运煤系统采用集中与就地控制相结合的原则,即除采用集中控制或程序控制外,还应设有机旁就地控制设备。筒仓气力破拱装置、原煤仓配煤等个别环节也可考虑自动操作。除了人工操作的设备,如抓煤机、卸煤机、堆取料机、推煤机等以外,运煤系统工艺流程中的各主要设备和辅助设备均应纳入集中控制。翻车机和斗轮机应具备与主系统联锁和通信、信号联系的手段。碎煤机应具有对振动和轴承温度监测的手段。皮带机应装设事故拉线开关、速度开关、跑偏开关等安全监测器件。

2. 程序和联锁条件

应采取简化控制程序的措施,如合理地简化运煤工艺流程、分煤门采取人工远方操作(不随程序联动)等。运煤系统的开机顺序一般为逆煤流方向,正常停机顺序一般为顺煤流方向,对于短煤流程,也可先停煤源,后经适当延时后全线同时停机。主厂房屋原煤仓的配煤一般采取按煤仓位置顺序配煤的方式,但对低煤位的煤仓可优先配煤,停用的煤仓可人为地假定已达高煤位,以实现隔仓配煤。筛分破碎设备、电磁除铁器、金属探测器和除尘设备随程序开机,但应在系统中的相关设备停机后延时停机。纳入集中控制的设备和相关设备均实行程序联锁和安全联锁。程序联锁根据设备运行程序确定,就地控制时解除联锁。

3. 运煤集中控制室

运煤系统集中控制室宜设在运煤系统各环节的中心地带,不宜设在振动大的地点。控制室面积一般为 $80\sim 140\text{m}^2$,净高不应低于 3.5m 。由控制室内的集中控制盘进行控制,盘上应有整个系统的模拟屏、控制开关、信号设备和检查仪表。实行程序控制时,集中控制盘上应设“手控—解除—自动”切换开关,程序选择开关,系统的“程序起动”、“程序停机”和“紧急停机”按钮等控制器件。

(八) 辅助设备及附属建筑

运煤系统中的辅助设备主要是指计量装置、给煤机、电磁除铁器等设备。

1. 计量装置(包括轨道衡、皮带秤、实物校验装置)

轨道衡是装煤列车进入电厂煤的计量装置,宜采用动态轨道衡。装煤列车常在联挂状态下进行计量,轨道衡一般应装于专设的轨道衡线上,与卸煤装置呈纵列式布置,动态轨道衡前后的铁路线应满足制造厂的技术要求。一般情况下,轨道衡中心线前后各 $50\sim 100\text{m}$ 范围内的铁路线应是平直段。轨道衡控制室宜正对轨道衡台面布置,控制室前墙距轨道衡中心线不得小于 3.5m ,控制室使用面积一般不小于 16m^2 。轨道衡基坑应有排水设施。

运煤系统的皮带机上装设电子皮带秤,秤的精度和功能应附合“来煤计量”或“燃煤计量”的要求及系统控制要求。

皮带秤应配备必要的检定装置。“来煤计量”用的皮带秤应采用实物校验。

2. 给煤机

有振动式和带式两种。当燃煤堆积密度 $\leq 1\text{t}/\text{m}^3$ 时,宜用轻槽型振动给煤机;堆积密度 $> 1\text{t}/\text{m}^3$ 时,宜用基本型振动给煤机。振动给煤机的额定出力宜为输煤系统额定出力的 1.2 倍。振动给煤机的出力应是可调的,其承受仓压的大小,应符合给煤机使用说明书的规定。带式给煤机可采用 20° 槽角的托辊或平托辊,其胶带速度一般不大于 $0.5\text{m}/\text{s}$,并配有调节出力用的插板门和变速驱动装置。

3. 电磁除铁器

为了除去原煤中的铁块,保护皮带及磨煤机,在碎煤机前装设两级带式除铁器。当采用中速或高速磨煤机时,应在碎煤机后再增设一级电磁分离器。当原煤中铁块较多,且又使用中速磨煤机时,可适当增设带式除铁器的数量。当皮带速度为 $2.5\text{m}/\text{s}$ 及以上时,电磁除铁器宜装设于皮带机头部卸料处。除铁器落铁处应设置集铁箱。

4. 落煤管和转运煤斗

落煤管可采用圆形或方形,其尺寸根据皮带宽度确定。落煤管与水平面的倾斜角一般不小于 60° ,并应避免反向转折。煤流要对准皮带机中心线。落煤管落差大于 4m 时,宜采取加锁气挡板等缓冲措施。在落煤管的适当位置应设置检修门和窥孔门。输煤系统中转运煤斗相邻两壁的交线与水平面的夹角应不小于 55° 。斗壁与水平面的夹角应不小于 60° 。落煤管和转运煤斗容易堵煤的部位应装振动器。

5. 清洗装置

输煤系统建筑物的清扫可用水冲洗,设备布置及建筑设计应满足冲洗要求,冲洗下来的煤水应排

入煤泥沉淀池,并应有煤泥的回收装置。某些电厂也有不用栈桥水冲洗,而用移动式真空吸尘车来吸取栈桥等处的飞扬粉尘。

6. 附属建筑

应根据生产及生活需要设置输煤分场专用的附属建筑,如办公室、值班室、休息室、检修间、备品库、更衣室、厕所、浴室等,一般为分散设置。随着机组容量的增加,近几年工程设计趋向于集中布置的多层建筑,以便合理规划、集中使用和管理。一般电工间约为 20m^2 ,备品间约 15m^3 ,办公室约 15m^2 ,休息更衣室约 20m^2 ,卫生间约 15m^3 。

二、输煤系统的布置原则

一般地说,电厂输煤系统设备工艺流程决定了其布置形式,但也不可忽视布置对流程系统的反作用,例如因地形限制,增加某些转运站等。布置输煤系统时应遵循下列原则:

(一) 系统简明、灵活、可靠原则

电厂生产过程的连续性和重要性,决定了输煤系统布置要安全可靠,能够供给足够的原煤至锅炉煤仓间,使锅炉能连续正常运行。对于电厂而言,其主厂房原煤仓和煤粉仓的容积是有限的,一般可贮存 $8\sim 12\text{h}$ 的耗煤量,因此输煤设备必须可靠,尤其是进入主厂房的带式输送机部分。大、中型电厂的输煤胶带采用双路布置,有足够的备用系数,电厂的卸煤设施、碎煤机等也必须布置备用设备。双路带式输送机布置在各种转运站或碎煤机等入口处时,往往采取交叉的落煤布置方式;即甲路带式输送机上的煤,经过转运站后可以落入乙路带式输送机上。这样当甲路带式输送机中某一区段故障时,其他区段仍可以运行,这就保证了运行上的灵活性以达到安全可靠地向煤仓输煤。灵活性还表现在可以从栈桥带式输送机上输煤到电厂煤场进行贮煤,也可以从煤场上取煤后经胶带返回到进入主厂房的栈桥带式输送机上。另外,还可以采用有关措施把几种不同的煤种进行混煤,来满足锅炉燃煤的需要,但必须指出过份的灵活性是繁琐和不必要的,因此,系统布置中应力求在确保安全可靠的前提下,使系统布置简明,即从卸煤设施进入主厂房煤仓间的带式输送机台数和转运站数量不要太多,能一目了然。布置简明,不仅可以节省投资和运行费用,而且有利于运行操作及安全生产。输煤系统布置必须随电厂厂址条件而变化,要因地制宜,量体裁衣,不要固守于某种模式。例如进入主厂房原煤仓的胶带栈桥,视厂区建筑物、

设施等有不同布置。一般有三种,即和煤仓间垂直方向成 90° 角进入的;与煤仓间纵向中心线同一方向进入的;以及与煤仓间斜交某一个角度进入的。又如因为厂区地形限制,尤其在老厂扩建时,更应因地制宜,考虑新、老 2 个输煤系统布置如何协调成为一个整体来考虑;如某电厂扩建,因老厂厂区内无地位可以布置贮煤场,则把贮煤场布置在铁路主干线的另一侧,通过地下输煤胶带,把栈桥胶带和煤场联系起来;又如某电厂扩建,由于厂址内无空地,不得不把贮煤场布置在城镇公路的另一侧,通过架空输煤胶带走廊,输煤至主厂房。

(二) 电厂最终规模及分期建设原则

在系统布置中要考虑电厂的最终规模及分期建设的原则,即远近结合,不可偏废。一般地说在输煤系统布置设计中往往是以本期建设为主,兼顾到将来扩建。在设备选择、带式输送机布置等均应为将来扩建或改建留有余地,不致影响将来扩建,在花钱不多情况下,有些建筑可以一次建成,而设备分期建设安装或换大型号。在电厂总平面布置上确定电厂最终容量时,必须将卸煤设施、贮煤场、上煤栈桥、混煤设施等的扩建考虑进去,并预留出足够的地位,以免电厂扩建时被动。

(三) 露天、半露天和封闭布置原则

输煤系统布置主要是指输煤带式输送机是露天、半露天、或封闭式,这是视电厂厂址的气象条件等而决定的。卸煤设施如地下卸煤沟是封闭的,但其上部视北方、南方而异,有半露天的,封闭屋内式的;碎煤机一般均有房间;煤场一般均为露天,在多雨地区,煤场中有一小部分设置半露天的干燥棚,即有屋顶,不使雨水进入棚内。带式输送机有露天布置的(如煤场带式输送机);有带式输送机上加紧身的罩壳;有封闭屋内带式输送机,一般以屋内布置的带式输送机栈桥为主要布置方式。

(四) 防止堵煤及煤尘飞扬原则

系统布置中要注意防止堵煤及煤尘飞扬,这是涉及设备安全运行和工人健康的问题。由于煤中水分以及其粘结性,煤在原煤管、煤斗、和煤仓内壁上往往会发生粘结和堵煤,为此落煤管、煤斗和煤仓的斜壁均须有倾斜角度,例如筒仓结构的原煤仓,圆锥形出口段与水平面夹角应不小于 60° ;对于一般煤种的非圆筒仓结构的原煤仓,其相邻两壁交线与水平面的交角应不小于 55° (对于高水分的褐煤,粘结性大的或易爆的烟煤,此值不小于 65°),而且壁面与水

平面的交角不应小于 60° (对于高水分的褐煤, 粘结性大的或易爆的烟煤, 此值不小于 70°), 以改善原煤仓内的积煤情况。为了减少原煤仓的死角, 规定相邻壁交角的内侧应做成圆弧形。原煤仓出口截面不应太小, 以防止出口处堵煤。对易堵的煤, 在原煤仓出口处, 宜衬铸石镶板或加装振动装置。在原煤仓下部采用双曲线形金属小煤斗时, 截面不应突然收缩, 以防止在突然收缩处堵煤。

在严寒地区, 钢煤仓以及靠近主厂房外墙或外露的钢筋混凝土原煤仓的仓壁, 应有防冻保温措施, 防止结露堵煤, 影响电厂安全运行。对落煤管宜采用垂直布置, 在特殊情况下其倾斜角不宜小于 80° 。给煤机出口落煤管应尽量采用垂直布置。有的电厂中落煤管不仅垂直布置, 而且还采用带刮板的回转式落煤管, 这就保证了可靠落煤。这些厂从未发生堵煤现象。

在卸煤、输煤、破碎筛分过程中, 往往会引起煤尘飞扬, 有碍操作人员的健康。为此, 在设备选型、布置等方面都应考虑这些因素, 一方面要尽可能减少煤尘飞扬, 另一方面需要采取吸风除尘装置。如在带式输送机上改进其导料槽, 增强其严密性, 减少飞尘外流; 在布置落煤管时, 不宜有较高的落差; 采用粉尘飞扬较少的环式碎煤机; 对反击式碎煤机进行改造, 减少其飞尘量。在碎煤机室、卸煤装置、带式输送机栈桥、煤仓间等处均设有通风除尘装置, 以使该处的空气含尘量不超过 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。有的电厂在带式输送机导料槽内加装喷水喷嘴, 喷出雾状细微水粒, 抑制煤尘的飞扬。

(五) 便于运行、维护和检修原则

在布置输煤系统的设备时, 为了运行、维护和检修的方便, 需考虑下列几点:

- (1) 应有必要的运行、维护和检修用的通道、平台扶梯、使用面积和净空高度等;
- (2) 必须有巡检检查用的场地, 以及值班工人操作休息间等;
- (3) 由于输煤设备在运行过程会发出各种噪声, 故对防止噪声也应有隔声罩等措施;
- (4) 为了检修必须有起吊设施及搬运设备的通道和场地;
- (5) 要有足够的电源插头以便安装检修用的电气工具;
- (6) 对于带式输送机尾部等处应装设有保护装置或人身安全的铁栏杆。

(7) 输煤系统的地下卸煤沟等应有足够的照明设施, 有利于操作。在地下部分应装有自启停的排污水泵。

(六) 对卸煤装置、带式输送机、筛碎设备、煤场等的要求

大中型电厂卸煤装置一般设有翻车卸煤机、缝式煤槽或水运码头。

每台翻车机下一般设 2 个煤斗, 每个煤斗上口沿铁路线总长不小于 14m , 并设有金属煤篦。当来煤最大颗粒为 300mm 时, 篦孔尺寸一般为 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ 。煤斗壁的倾斜角应不小于 60° , 煤斗出口长、宽尺寸均不应小于 1000mm 。翻车机室一般设 $15/3\text{t}$ 电动桥式起重机。在底层应设起重重量不小于 3t 的电动单轨行车和电动葫芦, 通过安装孔, 可由起重机把底层设备起吊到地面上。翻车机应有湿式抑尘装置和其他除尘措施, 其地下部分应有通风除尘措施, 并应设排水沟和集水井, 并安装排水泵。翻车机室各底层均应具备水冲洗条件, 地面要有排水坡度。

缝式煤槽的两端均应设有楼梯间, 楼梯口应防雨。煤槽底层应有排水坡度, 并设排水沟和集水井。排水沟一般由煤槽中部向两端排水, 排水沟常靠两侧墙边, 并设盖板。排水井上设护棚和排污泵, 地下部分应有良好的通风和照明设施。

带式输送机栈桥一般采用封闭结构, 气候适宜也可用半敞开式或敞开式结构, 半敞开式通廊应防雨, 敞开式通廊应有胶带的防雨罩。栈桥通廊的尺寸与胶带机的宽度关系尺寸可参照表 4-5-16 确定。

表 4-5-16 栈桥通廊尺寸与胶带机

宽度对照表 (mm)			
胶带宽度 B	500、 650、800	1000、 1200、1400	1600、 1800、2000
运行通道净宽	1000	1200	1400
检修通道净宽	700		
通道垂直净高	2200	2500	2800

双路带式输送机中间通道有柱子时, 柱子一侧通道宽度容许为 700mm 。布置在地面的带式输送机传动站宜为封闭结构。

运煤设备的布置和其建筑物内净空应满足设备安装、拆卸、检查、维修和清扫的要求。运煤建筑物室内净空高应大于 2500mm , 操作平台以上的净空

高度宜不小于 1900mm, 主要通道宽度宜不小于 1000~1500mm, 次要通道宜不小于 700mm。运煤建筑物室内地坪标高一般应高出室外地坪 0.15m。建筑物各层间楼梯宽度一般不小于 800mm, 倾角不大于 45°。运煤系统各生产建筑内经常有人值班的楼层应有值班室。运行时噪声超过国家规定标准的碎煤机室、转运站等处可设隔声值班室。翻车机室、缝隙式煤槽、转运站、碎煤机室、圆筒仓等建筑物的各运转层均应设置检修电源箱。煤仓间带式输送机层、带式输送机运煤栈桥或通廊、推煤机库、检修间, 也应设置检修电源箱。卸煤装置、转运站或带式输送机传动站、碎煤机室、煤仓间、检修间均应配备起重设备。起重量 0.5t 以下者设吊环; 1~3t 者采用手动单轨行车配手动葫芦, 或手动单梁起重机; 起重量 5~10t 时, 采用单轨行车配电动葫芦或电动单梁起重机; 起重量 15t 及以上者可用电动桥式起重机; 起吊高度大于 6m 时, 宜用电动起吊设备; 当布置困难时起重量 5t 及以下者也可设吊环。转运站和碎煤机室装有除铁器, 并设置从安装除铁器楼层通到地面的 620mm×600mm 竖井。人员易于接近的外露设备运动部分(如联轴器、调车钢丝绳改向轮等)以及胶带起入点、改向点, 应加以保护。筛子及碎煤机室应有良好的通风装置。

贮煤场分堆贮煤时, 煤堆底边之间距离应根据作业机械而定, 一般不小于 2m。贮存容易自燃的煤种时, 煤场面应加大 10%, 作为处理自燃煤的场地。贮煤场地面必须经过适当处理, 并考虑排水。煤场四周应有推煤机等移动设备的通道和消防通道。煤场应有防尘措施, 如设置喷水装置, 减少落煤高度等。

在筛子和碎煤机布置时, 应避免煤流以较大落差垂直冲击筛网, 以减小碎煤机前后的煤流落差, 使煤流沿筛面宽度和碎煤机转子全长均匀分布。煤筛及碎煤机前后的落煤管应密封。对于鼓风量大的碎煤机可采取设置环流风管、锁气挡板等措施, 减少排放出的含尘空气。装在煤筛上部的防尘罩应设置检查门, 在其两侧根据布置考虑应设操作平台。碎煤机一般布置在碎煤机室的楼板上, 用托架支持并用穿套管地脚螺栓固定。扰动力 50kN 以上的大型碎煤机可采用独立基础, 用地脚螺栓固定。碎煤机四周, 应按产品使用说明书的要求, 留出足够的净空, 以便抽取锤轴和开启检查门。

三、输煤系统实例

下面以一座沿海大电厂为例介绍输煤系统的流程。该电厂的规划容量为 2400MW, 分期建设。第一期工程安装两台 300MW 机组, 而输煤系统按 1200MW 机组划分为一个单元, 图 4-5-1 为一个单元的输煤系统。第一期工程按 2×300MW 机组需要的用煤量进行建设。

该电厂燃用烟煤, 2 台 300MW 机组燃用设计煤种时的耗煤量为 264t/h, 全年为 720000t。

电厂用煤由海轮运输抵电厂专用卸煤码头, 一期工程建设 35000t 级海轮泊位一座, 码头上安装两台出力各为 1250t/h 的桥式抓斗卸煤机。另外, 码头和引桥上设有一条宽度为 1600mm 的带式输送机, 当胶带速度为 3.15m/s 时, 其出力达 2500t/h, 可满足有关卸船时间规定的要求。若在码头和引桥上再扩建一条 1600mm 带式输送机, 该泊位的年卸煤能力将达到 400 万 t 左右, 可满足电厂规划容量 2400MW 的用煤要求。这样的设计是既节省建厂初投资, 又有利于扩建, 达到远近结合的目的。

输煤系统的流程如下: 卸煤机抓斗从海轮仓内抓煤, 通过码头上的 1 号带式输送机, 将煤水平输送到码头一端, 然后经过 2 号带式输送机沿着码头引桥将煤输送到 1 号转运站(T1); 1 号转运站的落煤通过 3 号带式输送机送入 2 号转运站(T2); 2 号转运站的落煤分两路, 一路经 5 号带式输送机送入煤场堆取料机, 另一路经 4 号带式输送机送入 3 号转运站(T3), 并由 6 号带式输送机经另一台煤场堆取料机到达 4 号转运站(T4), 再通过 7 号带式输送机, 与 5 号带式输送机一并送入 5 号转运站(T5); 5 号转运站落煤通过两条 8 号斜升带式输送机送入碎煤机室, 其中经过煤筛和碎煤机; 粉碎后的原煤经 9 号斜升带式输送机送入锅炉房煤仓间, 再由 10 号带式输送机将煤分配入各台锅炉的原煤仓。

煤场设备的选择要考虑与码头卸煤机的卸煤能力相匹配, 以满足卸船时间的要求。采用 2 台堆取料机, 其堆料能力为 2500~3000t/h, 取料能力为 1000t/h, 可与卸煤系统及进入锅炉房的上煤系统出力相适应, 同时 2 台堆取料机可互为备用。

输煤系统中采用堆取料机使系统具有分流功能。在卸煤时, 煤可分为两路, 一路的煤通过堆料机向煤场进煤; 而另一路的煤经上煤系统可直接进入锅炉原煤仓, 以减少燃料的二次转运, 从而减少堆取料机的作业时间。

煤场的最大储煤量为 30d 的电厂燃煤量, 其中